

IR Free 전극을 이용한 전위측정에 관한 연구

하태현*, 배정효, 이현구, 김대경, 하윤철
한국전기연구원

A Study on the potential measurement of pipeline using IR Free reference electrode

Ha Tae-Hyun*, Bae Jeong-Hyo, Lee Hyun-Goo, Kim Dae-Kyeong, Ha Yoon-Cheol
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Measurement of the potential of a buried pipeline using the Cu/CuSO₄ reference electrode is the most widely used method for the estimation of the corrosion susceptibility of the pipeline. The recorded values, however, include inevitable errors due to the IR drop caused by the stray currents. In this paper, we describe the characteristics of the IR-free reference electrode used for more accurate measurement of the pipe line potential.

1. 서 론

산업화의 발달로 전력과 가스 등의 에너지 수요가 급속도로 증가하게 됨에 따라, 지하에 매설된 배관이 송·배전선로나 지하철과 근접한 거리에서 병행 혹은 교차하는 구간이 도심지를 중심으로 점차 많아지게 되었다. 매설된 배관의 부식상태를 평가하는 방법으로는 포화황산동 기준전극을 사용하여 배관의 방식전위를 측정하는 방법이 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 측정된 전위값은 대지에서의 표류전류에 의한 전압강하(IR Drop)에 때문에 많은 오차를 포함하고 있다.

그래서 최근 30년에 걸쳐 전기방식분야에서는 전기방식시스템의 효과를 평가하기 위하여 지중구조물의 IR Free 전위를 측정하고자 하였으며, 이 전위를 얻기 위한 최선의 방법으로 DIN 30676의 정의에 따라 지중구조물의 off 전위를 채택해왔다. 그러나 이 방법은 지하철이나 송배전선로에 의한 간섭 구간이나 방식전류를 차단하지 못하는 조건에 있어서는 부정확하거나 응용하기에 어려웠다. 북미나 유럽에서는 off 전위 측정의 대안으로 90년대 초반부터 전기방식용 쿠폰의 사용에 대하여 관심을 가져왔다. IR Free 전극은 전기방식용 쿠폰의 원리를 응용하여 상품화된 것이다.[1]

본 논문에서는 보다 정확한 배관 전위를 측정하기 위한 방법으로 사용되는 IR Free 전극의 특성을 실험을 통하여 비교 분석하였다.

2. 전기방식전위 측정법

2.1 전기방식 기준

전기방식 기준은 그림 1과 같이 크게 전위기준과 전류기준으로 나눌 수 있으며 전위기준은 다시 고정 전위 기준과 전위 변이 기준으로 나눌 수 있다[2~6].

여기서는 현재 가장 많이 사용되고 있는 -850[mV/CSE(Cu/CuSO₄)] 기준 및 100[mV] 분극 기준에 대하여 설명하고자 한다.

2.1.1 -850[mV/CSE] 기준

Kuhn이 최초로 -850[mV/CSE]기준을 제시하면서, 측정시에 기준전극의 위치에 대한 중요성을 강조하기 위해 "기준전극을 배관이 통과하는 직상부의 토양표면에서 측정할 경우 거시적인 부식전지에 의한 부식전류는 제어

되나 미시적 부식전지에 의한 부식전류는 제어되지 않는

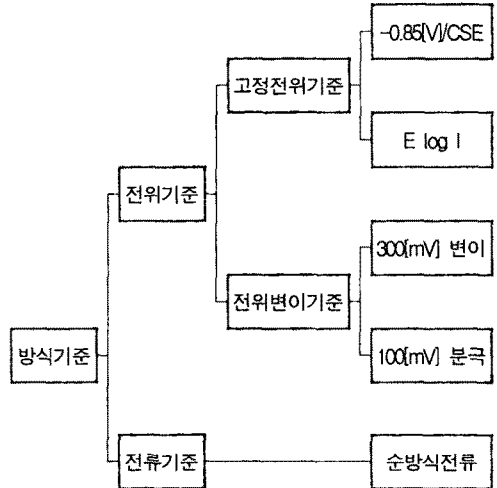


그림 1 전기방식 기준

다. 따라서 미시적 부식전지에 의한 부식전류를 제어하기 위해서는 기준전극을 가능한 한 배관 표면 가까이 설치하여 측정하여야 한다"고 언급하였다.[7] 즉, 기준전극의 위치가 배관의 표면에서 떨어져 있는 경우 측정된 전위값은 그림 2에서 보는 바와 같이 토양부분에서의 IR강하가 포함된 값이 기록계에 나타나게 된다.

대부분 전기방식회사들은 코팅이 잘된 피방식구조물에서 코팅 결합부 외부에서의 IR강하는 무시할 만하다고

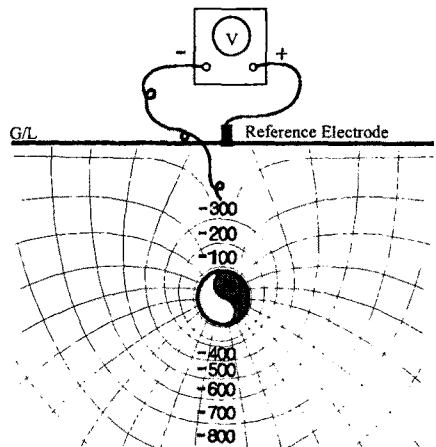


그림 2 IR 강하가 포함된 전위측정

가정하고 있으나 코팅 결함부가 크거나 혹은 토양의 비저항이 높은 경우에는 IR강하가 무시할 수 없는 값이 된다.

2.1.2 100[mV] 분극 기준

100[mV] 분극기준을 실험적으로 증명한 사람은 Balro와 Berry였다[8]. Balro와 Berry는 NACE의 RP 01-69에 명시된 모든 종류의 방식기준을 여러 가지 토양조건으로 실험한 결과 다양한 토양 조건에서 부식방지 기준으로 가장 타당하면서도 적용하기 좋은 기준은 100[mV] 분극 기준이라고 결론지었다.

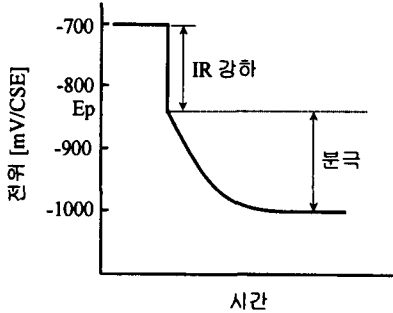


그림 3 P/S 전위의 시간변화 추이

2.2 전위 측정상의 문제점

배관의 전위를 측정하는 것은 전기방식기준에 적합한 지 여부를 평가하기 위한 기본 작업이다. 여기서 토양내 또는 코팅 양단에 존재하는 IR 강하는 P/S(배관 대 토양)전위 측정에 오차를 유발시킨다는 것을 오랫동안 경험해 왔다. 이 IR 강하는 토양 비저항, 매설 깊이, 코팅 조건 및 전기방식 전류량에 의해 영향을 받는다. 이 IR 강하를 보정하는 방법은 방식전류를 차단한 직후 바로 off 전위를 측정하는 것인데, 이 off 전위는 배관의 분극 전위를 평가하는 것이다. 그러나 off 전위측정에는 다음과 같은 문제점이 있다.

- ① 다수의 정류기 출력 전류를 동시에 차단해야 한다.
- ② 종종 알려지지 않은 타 방식시스템이 있거나 차단시킬 수 없다면 off 전위 측정값에 IR 강하 오차가 포함된다.
- ③ 중점관리구간에 설치된 희생양극이 있는 경우, 장거리에 걸쳐 흐르는 전류를 차단할 수 없을 경우, 표유전류가 흐르는 경우, 급격한 IR 과도상태나 순간적인 전류 차단 등은 off 전위 측정에 오차를 발생시킬 수 있다.

3. IR Free 전극

3.1 기본 원리

IR Free 전극은 기존의 전기방식전위 측정법에서의 문제점을 해결하기 위하여 고안된 것으로서 그림 4와 같이 기준전극과 쿠폰으로 구성되어 있다. IR Free 전극을 지중에 매설하고 지중의 코팅된 배관과 쿠폰을 연결하면 쿠폰은 배관의 코팅 손상부에 해당하게 된다. 따라서 배관의 일부인 쿠폰에 근접해 있는 기준전극을 이용하여 전위를 측정함으로써 IR 강하를 저감시키는 것이다. 쿠폰의 분극 전위는 배관의 분극 전위를 나타내지는 않는다. 왜냐하면 배관의 분극전위는 배관의 코팅 성능, 코팅손상부의 크기 및 배열 등의 변수에 따라 달라지기 때문이다. 그러나 쿠폰의 분극 전위는 배관상에서 쿠폰의 크기와 유사한 크기의 코팅 손상부의 분극을 모의한 것이다. 그러므로 쿠폰은 배관의 분극전위를 평가할 수 있을 뿐만 아니라 전기방식시스템에 연결된 쿠폰의 분극 전위를 정확히 평가함으로써 전기방식시스템의 효과를

평가할 수 있다. 또한 배관으로부터 쿠폰을 분리함과 동시에 쿠폰의 표면적에서 전위를 측정함으로써 배관 off 전위 측정상의 오차를 제거 또는 최소화할 수 있다.

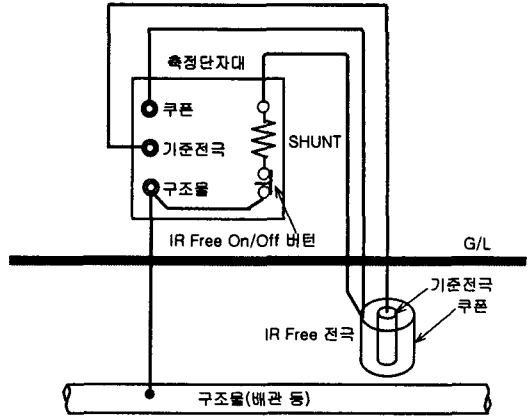


그림 4 IR Free 전극

3.2 전극의 설치

IR Free 전극은 구조물과 동일한 환경에 설치되어야 하며, 이 환경은 토양, 모래, 민물, 해수, 또는 산업에 사용되는 여러 가지 퇴매물 등이 될 수 있다.

IR Free 전극이 설치되는 지점으로부터 어느 방향으로든지 25[m], 즉 50[m]의 범위에 걸쳐 나타나는 임의의 단일 코팅 손상부의 크기보다 쿠폰의 표면적이 더 커야 한다.

초기 설치 후 IR Free 전극은 배관이나 전기방식시스템에 연결하지 말고 그대로 두어야 하며, 찢거나 수분이 있는 환경에서는 약 30일, 건조한 환경에서는 90일 정도의 기간이 필요하다. 이것은 쿠폰이 안정화할 기회를 제공하는 것으로서 배관이 있는 환경에서 자연부식상태에 도달하게 하여 배관에 이미 존재하는 코팅 손상부의 부식상태와 유사하게 하여 자연전위를 맞추게 하기 위함이다.

30일에서 90일동안 자연상태로 둔 후 쿠폰을 전기방식시스템에 연결한다. 이때 그림 4와 같이 배관에 연결된 전선과 쿠폰에 연결된 선 사이에 적절한 크기의 Shunt를 연결한다.

3.3 현장 측정 사례

부산광역시 지하철 주변에 있는 코팅된 배관에 대해 지하철 누설전류에 의한 영향을 평가하기 위하여 그림 5와 같이 IR Free 전극(Cu/CuSO₄)과 포화황산동 기준전극(Cu/CuSO₄)을 이용하여 동시에 측정하였다.

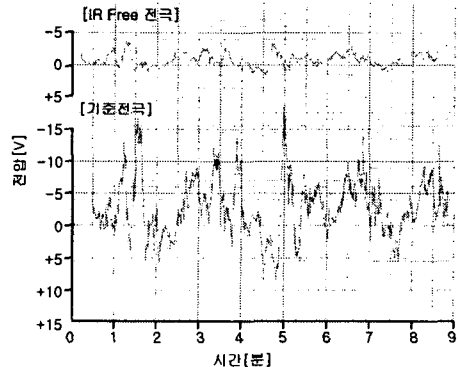


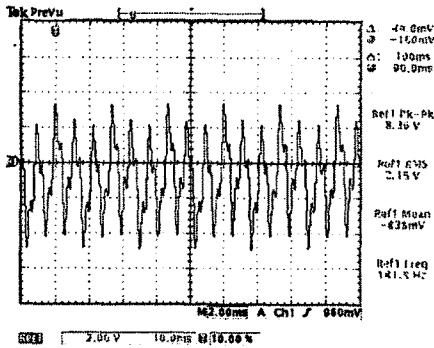
그림 5 지하철 주변 배관의 전위측정값 비교

측정결과 배관의 전위는 지하철의 누설전류에 의한 IR 강하의 영향으로 포화황산동 기준전극(Cu/CuSO₄)으로 측정된 전위값은 IR Free 전극으로 측정된 전위값보다 약 4배 정도 큰 값을 나타내었다.

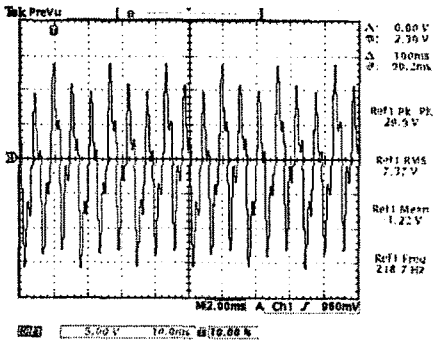
그림 6은 울산광역시 배전선로 주변의 코팅된 배관에 교류간섭의 영향을 평가하기 위하여 IR Free 전극(Cu/CuSO₄)과 포화황산동 기준전극(Cu/CuSO₄)을 이용하여 측정하였다.

측정결과 배관의 전위는 포화황산동 기준전극으로 측정하였을 때는 방식상태에 있다고 판단할 수 있으나, IR Free 전극으로 측정하였을 때는 미방식 상태에 있었다.

[4] A. W. Peabody, "Control of Pipeline Corrosion", NACE International, Houston, TX., pp. 33-37, 1978
 [5] R. A. Gummow, "Cathodic Protection Criteria - A Critical Review of NACE Standard RP-01-69", Materials Performance, Vol. 25, No. 9, pp. 9-16, 1986
 [6] 김대경, 황치우, 최규형, 김재수, 배정효, 정성환, 조홍수, 조연규, "음극방식시스템의 전압, 전류분포 연구", 한국가스공사 연구보고서, pp. 342-360, 1995
 [7] G. R. Kehn and E. J. Wilhelm, "Current Requirements For the Cathodic Protection of Steel in Dilute Aqueous Solutions", Corrosion, Vol. 7, No. 5, pp. 156-160, 1951
 [8] T. J. Barlo and W. E. Berry, "An Assessment of the Current Criteria for Cathodic Protection of Buried Steel Pipelines", Materials Performance, Vol. 23, No. 9, pp. 9-16, 1984



(a) IR Free 전극 이용



(b) 포화황산동 기준전극 이용

그림 6 배전선로 주변 배관의 전위 측정값 비교

4. 결 론

지하철이나 송배전선로와 인접한 곳 또는 타 전기방식 시설물에 의해 간섭을 받는 지역에 있는 지중의 배관에 대해서는 IR Free 전극을 이용하여 측정된 전위값을 기초로 평가하는 것이 필수적이라고 사료되며, 본 논문에서 기술한 내용이 현장 실무에 충분히 반영되기를 기대한다.

[참 고 문 헌]

[1] Jeffrey L. Didas, "Practical Application and Limitations of Buried Coupons Utilized for IR Drop Measurement", NACE International, Corrosion 97, Paper No. 572, 1997
 [2] K. H. Logan, "The Determination of the Current Required for Cathodic Protection", National Bureau of Standard Soil Corrosion Conference, St. Louis, Missouri, March 25-27, pp. 1943
 [3] 전대회, "부식과 방식의 관리", 태화출판사, pp. 104-114, 1985